

микронаноструктур: межд. науч. конф., 21 – 23 октября 2009г.: сборник науч. трудов. – С. 66 – 69.  
12. *Мако́рдей Ф.В.* Вуглецеві нанотрубки як каталізатори електровідновлення кисню / [Ф.В. Мако́рдей, В.Ю. Баклан, І.П. Колесникова, М.В. Умінський] // XVII Конференція по неорганічеській хімії, 14 сент., Львов, 2008.: тез. докл. – С. 20 – 23.

*Поступила в редколлегию 12.05.09*

УДК 622.734.621.926.3-9

**В.П. НАДУТЫЙ**, докт. техн. наук, ИГТМ НАН Украины

**В.А. ОСТАПЕНКО**, докт. техн. наук, ДГУ

**В.В. СУХАРЕВ**, аспирант, ИГТМ НАН Украины

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ НАЧАЛЬНОГО ЗАЩЕМЛЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ГОРНОЙ МАССЫ В КОНУСНОЙ ВНУТРИВАЛКОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ**

У статті наведено приклад розрахунку мінімальної відстані між точками защемлення частинки гірської маси валками внутрішньовалкового конусного млина.

In article the example of calculation of the minimum distance between points of a jamming of a fragment of rock in conical grinding mills is resulted.

При попадании частиц горной массы в загрузочную камеру конусной внутривалковой мельницы происходит их транспортировка в камеру измельчения, которое начинается с момента защемления частиц между вращающимся конусом и корпусом или в процессе объемного сжатия группы частиц в рабочей камере. Поскольку наиболее крупные частицы первыми воспринимают разрушающую деформацию, то для определения условий разрушения возникла необходимость рассмотреть условия начального момента защемления. Данная задача является продолжением исследований по оценке распределения сил при измельчении частицы горной массы в рассматриваемых условиях с учетом влияния ее формы, сил трения и геометрии рабочей камеры [1 – 3]. Однако для решения задачи измельчения частицы необходимо установить геометрический параметр, характеризующий начало процесса деформирования частицы.

Поэтому целью работы является определение минимального расстояния между точками защемления частицы в валках внутривалковой конусной мельницы.

Определение положения шарообразной частицы в начальный момент заземления существенно упрощается в связи с тем, что поперечный размер частицы в любом положении равен ее диаметру. Для частиц иной формы возникает необходимость, прежде всего, определить, в каком положении частица вступит в фазу начального заземления, которое может быть охарактеризовано двумя факторами:

- частица должна занять такое положение, в котором ее дальнейшее движение между корпусом и конусом без деформации станет невозможным;
- реакции корпуса и конуса должны быть направлены по нормальям к поверхности частицы в точках касания.

В свою очередь, движение частицы между корпусом и конусом без деформации станет невозможным, если частица установлена в такое положение, что ее поперечные размеры не позволяют осуществлять ее поворот относительно любой из точек контакта. Для отыскания устойчивого положения частицы в начальный момент заземления предположим, что ее стороны, примыкающие как к корпусу, так и к конусу, описываются гладкими кривыми. Наличие производных уравнений, описывающих стороны частицы, необходимо для того, чтобы определить направления нормалей в точках касания. Заметим, что, если в точке касания производная не определена, то поверхность в точке контакта имеет излом или разрыв, а направление реакции, в принципе, может быть определено из физических соображений. Поэтому предположение о гладкости сторон частицы не слишком ограничивает общность проводимого рассуждения.

Учитывая, что угол  $\alpha$  между образующими корпуса и конуса остается неизменным, вопрос отыскания устойчивого положения частицы в начальный момент ее заземления сводится к следующей задаче: заданы две связанные в единый контур гладкие кривые, к которым из одной и той же точки проведены две касательные, составляющие между собой угол  $\alpha$ . Необходимо определить, при каких условиях расстояние между точками касания будет наименьшим. Такие две точки, обозначенные буквами  $A$  и  $B$ , и будут точками контакта частицы с корпусом и конусом в начальный момент заземления частицы. Минимальное расстояние между этими точками делает невозможным поворот частицы относительно любой из этих точек. Расчетная схема поставленной задачи показана на рис. 1, где частица в плане имеет форму эллипса. В этом примере обе части контура, как примыкающая к корпусу, так и примыкающая к конусу, описываются одним и тем же уравнением эллипса в

виде:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (1)$$

Здесь для удобства вычисления оси  $x$  и  $y$  направлены вдоль главных осей эллипса. Точка  $C$  является вершиной угла  $\alpha$ , точки  $A$  и  $B$  – точки касания.

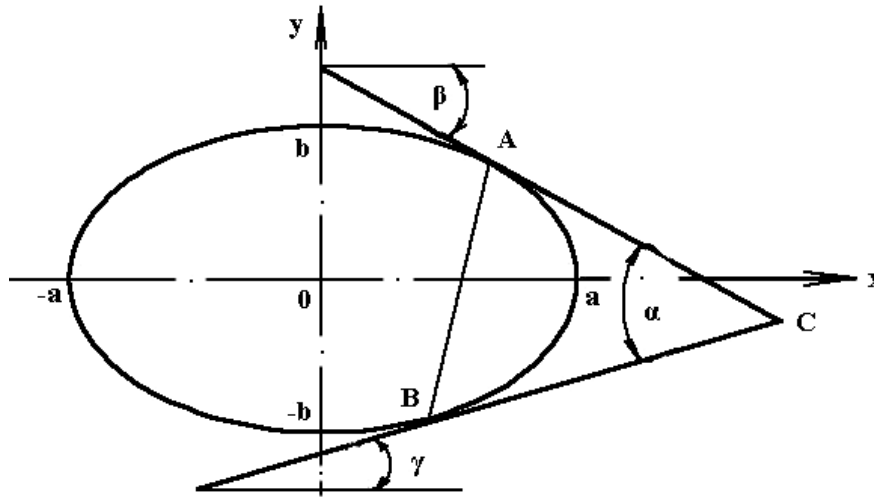


Рис. 1. Схема касания эллиптической частицы между корпусом и конусом

Координаты точек  $A, B, C$  обозначим соответственно:  $(x_A, y_A), (x_B, y_B)$  и  $(x_C, y_C)$ . Касательная  $AC$  наклонена к оси  $x$  под углом  $\beta$ , касательная  $BC$  наклонена к оси  $x$  под углом  $\gamma$ . Из условия постановки задачи следует:

$$\alpha = \beta + \gamma \quad (2)$$

Дифференцируя (1) по  $x$ , получаем:

$$\frac{2x}{a^2} + \frac{2y \cdot dy}{b^2 \cdot dx} = 0, \quad \text{откуда} \quad \frac{dy}{dx} = -\frac{b^2 x}{a^2 y}; \quad (3)$$

Для касательных  $AC$  и  $BC$  имеем соответственно:

$$\frac{dy}{dx} = -\operatorname{tg} \beta; \quad \frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \gamma;$$

то есть координаты  $x$  и  $y$  у точек  $A$  и  $B$ , принадлежащих каждая одной из этих касательных, связаны соотношениями, вытекающими из (3):

$$\frac{x_A}{y_A} = \operatorname{tg} b \frac{a^2}{b^2}; \quad \frac{x_B}{y_B} = -\operatorname{tg} g \frac{a^2}{b^2}. \quad (4)$$

Точки  $A$  и  $B$  – единственные точки касательных  $AC$  и  $BC$  соответственно, принадлежащие эллипсу, поэтому для этих точек справедливы равенства:

$$\frac{x_A^2}{a^2} + \frac{y_A^2}{b^2} = 1; \quad \frac{x_B^2}{a^2} + \frac{y_B^2}{b^2} = 1. \quad (5)$$

Из соответствующих пар уравнений (4) и (5) могут быть определены координаты  $x_A, y_A, x_B$  и  $y_B$ . Для этого из (4) получим:

$$x_A = \operatorname{tg} b \frac{a^2}{b^2} \cdot y_A; \quad x_B = -\operatorname{tg} g \frac{a^2}{b^2} y_B. \quad (6)$$

Подставляя эти значения в (5), получим:

$$\frac{1}{a^2} \cdot \operatorname{tg}^2 b \cdot \frac{a^4}{b^4} \cdot y_A^2 + \frac{y_A^2}{b^2} = 1; \quad \frac{1}{a^2} \cdot \operatorname{tg}^2 g \cdot \frac{a^4}{b^4} \cdot y_B^2 + \frac{y_B^2}{b^2} = 1.$$

Отсюда следует:

$$y_A^2 = \frac{b^4}{b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 b}; \quad y_B^2 = \frac{b^4}{b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 g}. \quad (7)$$

Поскольку  $y_A > 0$ , а  $y_B < 0$ , то из (7) следует:

$$y_A = \frac{b^2}{\sqrt{b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 b}}; \quad y_B = -\frac{b^2}{\sqrt{b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 g}}. \quad (8)$$

Учитывая (6) и (8), определим:

$$x_A = \operatorname{tg} b \frac{a^2}{\sqrt{b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 b}}; \quad x_B = \operatorname{tg} g \frac{a^2}{\sqrt{b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 g}}. \quad (9)$$

Квадрат расстояния между точками  $A$  и  $B$  равен:

$$r^2 = (x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2.$$

Подставляя в это равенство значения координат точек  $A$  и  $B$  из (8) и (9), получим:

$$r^2 = \left( tgb \frac{a^2}{\sqrt{b^2 + a^2 tg^2 b}} - tgg \frac{a^2}{\sqrt{b^2 + a^2 tg^2 g}} \right)^2 + \left( \frac{b^2}{\sqrt{b^2 + a^2 tg^2 b}} + \frac{b^2}{\sqrt{b^2 + a^2 tg^2 g}} \right)^2. \quad (10)$$

Учитывая равенство (2), выразим  $tgg$  через  $tgb$  и введем обозначения:

$$tgg = tg(a - b) = \frac{tga - tgb}{1 + tga \cdot tgb}; \quad tgb = z; \quad z = tg \frac{a}{2}. \quad (11)$$

Тогда после некоторых преобразований получаем:

$$AB = r \left( tg \frac{a}{2} \right) = b^2 \left( \frac{1}{\sqrt{b^2 + a^2 z^2}} + \frac{1 + ztga}{\sqrt{b^2 (1 + ztga)^2 + a^2 (tga - z)^2}} \right) = b^2 \left( \frac{1}{\sqrt{b^2 + a^2 tg^2 \frac{a}{2}}} + \frac{\frac{1 + tg^2 \frac{a}{2}}{1 - tg^2 \frac{a}{2}}}{\frac{1 + tg^2 \frac{a}{2}}{1 - tg^2 \frac{a}{2}} \sqrt{b^2 + a^2 tg^2 \frac{a}{2}}} \right) = \frac{2b^2}{\sqrt{b^2 + a^2 tg^2 \frac{a}{2}}}. \quad (12)$$

Таким образом, получено аналитическое выражение для определения минимального расстояния между точками защемления частицы в валках внутривалковой конусной мельницы, которое определяет место приложения разрушающих усилий.

**Список литературы:** 1. *Надутый В.П.* Определение влияния формы частицы на распределение сил при измельчении в конусной валковой мельнице / *В.П. Надутый, В.А. Остапенко, В.А. Сухарев* // Научный вестник НГУ. – 2009. – Вып. 4.– С. 27 – 32. 2. *Надутый В.П.* Распределение сил при измельчении частицы горной массы в конусной валковой мельнице с учетом сил трения / *В.П. Надутый, Остапенко В.А., Сухарев В.В.* // 36. наук. праць Полтавського НГУ. – 2009. – С. 44 – 53. 3. *Надутый В.П.* Оценка распределения сил при защемлении измельчаемой частицы в конусной валковой мельнице / *В.П. Надутый, Остапенко В.А., Сухарев В.В.* // Сб. науч. тр. НГУ. – 2009. – Вып. № 32.– С. 45 – 51.

УДК 666.97:620.193

**И.Ю.ШУТЕЕВА, М.И. РЫЩЕНКО**, докт. техн. наук,  
**Г.Д. СЕМЧЕНКО**, докт. техн. наук, **Л.В. РУДЕНКО**, НТУ «ХПИ

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОКРЫТИЙ ПО ГРАФИТУ В ПРОЦЕССЕ НАГРЕВАНИЯ В АРГОНЕ**

Представлені переваги використання золь-гель композицій, в основі яких є модифікований елементорганічною речовиною порошок електрокорунду, для формування щільного шару між графітовою підложкою та покриттям, фазовий склад якого залежить від температури обробки в аргоні.

The advantages of sol-gel compositions based on a modified with element organic substance electrocorundum powder, to form a dense interlayer, the phase composition of which depends on the treatment temperature in argon, have been shown in this work.

Взаимодействие корунда с аморфным  $\text{SiO}_2$ , входящим в состав золь-гель композиций, физико-химические процессы, происходящие при термообработке смесей корунда и вышеупомянутых композиций, представляют определенный научный интерес [1 – 8]. Термодеструкция золь-гель композиций влияет на разупрочнение и спекание самотвердеющих масс, их высокая смачивающая способность дает возможность равномерно распределить эти композиции тонким слоем по поверхности электрокорунда, как модифицированного, так и не модифицированного элементоорганическим веществом. В процессе поликонденсации полиэтоксисиланов [1] вокруг зерен электрокорунда происходит образование сетчатого каркаса из полисилоксановых связей  $\equiv\text{Si}-\text{O}-\text{Si}\equiv$ . В дефектах структуры и на поверхности зерен есть зародыши кристаллов муллита и  $\beta\text{-SiC}$ , образовавшихся в результате процесса механохимического синтеза. Их рост при термообработке обеспечивает высокие прочностные характеристики покрытиям и отлитым из масс обмазок образцам.